

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



AUSGEGEBEN AM  
4. AUGUST 1966

DEUTSCHES PATENTAMT

# PATENTSCHRIFT

Nr. 977 471

KLASSE 42b GRUPPE 24

INTERNAT. KLASSE G 01b

W 10814 IXb/42b

Dr. Johannes Heidenhain  
und Dr.-Ing. August Koller, Traunreut über Traunstein  
sind als Erfinder genannt worden

Wenczler & Heidenhain, Traunreut über Traunstein

Anordnung zum Messen und Steuern der Bewegung von Maschinen,  
insbesondere von Werkzeugmaschinen

Patentiert im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vom 19. März 1953 an  
Patentanmeldung bekanntgemacht am 21. April 1955  
Patenterteilung bekanntgemacht am 23. Juni 1966

Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zum Steuern der Bewegung von Maschinenteilen, insbesondere von Werkzeugmaschinen oder sonstigen Arbeitsmaschinen, mit Hilfe eines den zurückgelegten Weg des bewegten Maschinenteiles anzeigenden, durch lichtelektrische Mittel abgetasteten Maßstabes.

Es ist bereits eine Vorrichtung zur elektrischen Bestimmung der Lage eines Objektes bekannt, bei der die Teilungsintervalle des Maßstabes größer als die zur verlangten Ablesegenauigkeit an sich erforderlichen Intervalle sind und bei der die von dem Maßstab kommenden Lichtstrahlen mittels eines schwingenden Deflektors über ein zusätzlich eingeschaltetes Spaltgitter auf eine nachgeschaltete Photozelle geworfen werden. Die Lage des Objektes

wird bei dieser Vorrichtung auf stroboskopischem Wege angezeigt. Ferner ist es bekannt, die Verschiebungswege von Maschinenteilen durch Zählung von Lichtimpulsen mit Hilfe einer Photozelle zu ermitteln. Die erstgenannte, bekannte Vorrichtung dient lediglich zur Feststellung der Lage eines Objektes, z. B. der Lage eines mit einem Maschinenteil verbundenen Maßstabes. Mit der bekannten Zählvorrichtung wiederum konnte bisher die erforderliche Genauigkeit der gewünschten Steuerung der Maschinenteile nicht erzielt werden.

Die Erfindung besteht nun darin, daß in den Weg mindestens eines Strahlenganges der lichtelektrischen Abtasteinrichtung hinter dem abzutastenden Maßstab in an sich bekannter Weise zusätzlich noch ein gegenüber dem Strahlengang

609 64

BEST AVAILABLE COPY

ruhendes Spaltgitter eingeschaltet ist, welches bei der Relativbewegung zwischen den Maßstabteilstriichen und der Abtastoptik im Abtaststrahlengang Lichtimpulse in einer der Spaltzahl des Gitters entsprechenden Anzahl erzeugt, die ihrerseits in an sich bekannter Weise mit Hilfe einer nachgeschalteten Photozelle gezählt werden.

Der durch die Erfindung erzielte technische Fortschritt wird darin erblickt, daß man die Steuerung der Maschinenteile auf dem lichtelektrischen Wege mit einer für moderne Präzisionsmaschinen notwendigen Genauigkeit erreicht, ohne daß zu diesem Zweck entsprechend fein unterteilte Maßstabteilungen ausgeführt werden müssen. Die feine Unterteilung braucht vielmehr in der an sich bekannten Weise nur bei dem zusätzlich eingeschalteten Spaltgitter vorgesehen werden, wodurch die Herstellung der gesamten Vorrichtung wesentlich vereinfacht und verbilligt wird. Trotzdem erreicht man eine Steuerung der Bewegung der Maschinenteile mit einer allen Ansprüchen genügenden Genauigkeit.

In an sich bekannter Weise kann bei der praktischen Ausführungsform der Erfindung entweder der Maßstab mit dem bewegten Maschinenteil verbunden und an einer ortsfesten Abtasteinrichtung vorbeibewegt oder die Abtasteinrichtung mit dem bewegten Maschinenteil gekoppelt und an einem ortsfesten Maßstab vorbeigeführt werden. Der Maßstab kann hierbei je nach der Art der Bewegung geradlinig oder auch kreisbogenförmig oder kurvenförmig gestaltet sein.

Die Teilung des Maßstabes ist zweckmäßig derart ausgebildet, daß jeder Maßstabstrich bei der Relativbewegung des Maßstabes an einer Abtastoptik vorbei einen Lichtstoß auf eine nachgeschaltete lichtelektrische Zelle schickt. Die lichtelektrische Abtastung kann hierbei im durchscheinenden Licht erfolgen, indem die Maßstabstriche lichtdurchlässig auf lichtundurchlässigem Grund angebracht sind, oder sie wird durch reflektiertes Licht bewirkt, wobei die Maßstabstriche reflektierend auf nicht oder weniger reflektierendem Grund oder umgekehrt nicht oder wenig reflektierend auf stärker reflektierendem Grund ausgeführt sind.

Auf diese Weise kann der von dem bewegten Maschinenteil od. dgl. zurückgelegte Weg unmittelbar am Bedienungsstand oder an einer sonstigen Stelle abgelesen werden, wobei dank der präzisen lichtelektrischen Abtastung Meßfehler nicht auftreten können. Die Messung kann darüber hinaus mit praktisch beliebiger Feinheit und Genauigkeit durchgeführt werden, denn die Erfindung gestattet eine Abtastung und Zählung in verschiedenen Feinheitsstufen in der Weise, daß z. B. beim Dezimalsystem die Dezimeter, Zentimeter, Millimeter, Zehntelmillimeter und Hundertstelmillimeter getrennt gezählt werden. Dies kann in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorzugsweise mit Hilfe von Spaltgittern geschehen, welche an Stelle eines Einzelspaltes in die Abtastoptik eingeschaltet werden, um die Maßstabintervalle je nach der gewünschten Meßgenauigkeit zu unter-

teilen. Für die verschiedenen Feinheitsstufen werden zweckmäßig verschiedene Optiken, lichtelektrische Zellen und Zählwerke verwendet, wobei die Ein- und Ausschaltung der Zählstufen selbsttätig, vorzugsweise lichtelektrisch, bewirkt wird. Schließlich kann eine Anordnung gemäß der Erfindung auch zur lichtelektrischen Programmsteuerung der Maschinen verwendet werden. Diese und andere Merkmale der Erfindung sind im einzelnen in der nachfolgenden Beschreibung an Hand der Zeichnung näher erläutert.

In der Zeichnung sind verschiedene Ausführungsformen der Erfindung beispielsweise und rein schematisch veranschaulicht.

Fig. 1 zeigt schaubildlich eine Anordnung zur Abtastung bzw. Zählung ganzer Maßstabintervalle;

Fig. 1a zeigt ein Spaltgitter für eine Anordnung gemäß Fig. 1 zur Unterteilung der Maßstabintervalle;

Fig. 2 zeigt die Anordnung nach Fig. 1 in schematischem Längsschnitt;

Fig. 3 zeigt entsprechend die Anordnung mit Spaltgitter zur Feinmessung;

Fig. 4 zeigt die Achsenlage einer Gitterblende zu einer Einzelspaltblende;

Fig. 5, 6 und 7 zeigen verschiedene Anordnungen zur Zählwerkeinschaltung, und

Fig. 8 schließlich zeigt einen Maßstab zur Programmsteuerung einer Maschine.

Bei der nachfolgend beschriebenen und dargestellten Anordnung sei angenommen, daß der Maßstab in ganze Millimeter unterteilt ist. Die Anordnung zum Zählen dieser ganzen Millimeter ist z. B. aus Fig. 1 und 2 ersichtlich. Hierbei wird die Wendel  $W$  einer Glühlampe  $L$ , beispielsweise einer Kraftfahrzeugscheinwerferlampe, oder das Band einer Bandlampe durch einen z. B. sphärozyklischen Kondensor  $C$  auf einen der Maßstabstriche  $R$  des Maßstabes  $M$  abgebildet. Der betreffende Maßstabstrich  $R$  wird durch ein Objektiv  $O$  auf eine ortsfeste Spaltblende  $S$  abgebildet, deren Spaltbreite so bemessen ist, daß sie genau der Breite des von dem Maßstabstrich  $R$  auf die Spaltblende  $S$  entworfenen Bildes entspricht. Durch eine hinter dem Spalt  $S$  angeordnete Feldlinse  $F$  wird die Öffnung des Objektivs  $O$  auf eine lichtelektrische Zelle  $Z_1$  abgebildet. Wenn sich der Maßstab  $M$  in Pfeilrichtung hin oder her bewegt, schickt jeder Maßstabstrich  $R$  beim Vorbeilaufen an der beschriebenen Optik einen Lichtstoß auf die Zelle  $Z_1$ . Die Anzahl dieser Lichtstöße bzw. der dadurch hervorgerufenen Stromstöße kann nun durch ein nicht dargestelltes anzeigendes Zählwerk gezählt werden. Auf diese Weise können die von dem Maßstab bzw. dem mit letzterem verbundenen Maschinenteil zurückgelegten Wegstrecken in ganzen Vielfachen der Maßstabunterteilung gemessen, gezählt und abgelesen werden.

Um darüber hinaus auch eine Messung von Bruchteilen der Maßstabintervalle zu ermöglichen, kann eine Anordnung gemäß Fig. 3 verwendet werden. Der Einzelspalt  $S$  ist hierbei durch eine Gitterblende oder ein Spaltgitter  $G$  ersetzt, welches in

Fig. 1 a schematisch für sich neben der Einzelspaltblende  $S$  der Fig. 1 veranschaulicht ist. Durch dieses Spaltgitter  $G$  wird das am Ort  $G$  erzeugte Bild des Maßstabintervalls je nach der gewünschten Genauigkeit unterteilt. Beträgt beispielsweise das Maßstabintervall  $1\text{ mm}$ , so muß das Bild dieses Intervalls am Ort  $G$  zwecks Feststellung der  $1/100\text{ mm}$  durch eine Gitterblende mit 99 Gitterspalten in 100 Teile unterteilt werden.

Es werden nun zweckmäßig zwei Abtastoptiken, nämlich eine mit einer Einzelspaltblende  $S$  und eine zweite mit einer Gitterblende  $G$ , in der Anordnung vorgesehen. Die optische Achse  $a$  der Feinabtastoptik muß hierbei in einem ganz bestimmten Abstand von der optischen Achse  $b$  der zur Messung der ganzen Maßstabintervalle dienenden Abtastoptik liegen. In derjenigen Stellung des Maßstabes bzw. der Maschine, in welcher die Optik zur Messung ganzer Intervalle Licht auf die Zelle schickt, darf auf die Zelle der Feinabtastoptik kein Licht treffen. Diese Zelle ist in Fig. 3 mit  $Z_2$  bezeichnet. Sobald sich der Maßstab aber um  $1/100\text{ mm}$  weiterbewegt hat, muß der erste Lichtstoß auf die Zelle  $Z_2$  der Feinabtastoptik erfolgen. Denkt man sich den Spalt  $S$  und das Spaltgitter  $G$  auf den Maßstab  $M$  zurückprojiziert, so müssen die optischen Achsen  $a$  und  $b$  der beiden Abtastoptiken bzw. die zurückprojizierten Bilder des Spaltgitters und des Einzelspaltess so zum Maßstab liegen, wie dies in Fig. 4 schematisch veranschaulicht ist. Hierbei ist der Augenblick dargestellt, in dem die Zelle  $Z_1$  zur Messung der ganzen Intervalle Licht erhält, die Zelle  $Z_2$  für die Feinabtastung dagegen nicht.

Der Abstand der optischen Achsen  $a$  und  $b$  muß genau  $1\frac{1}{2}$  Maßstabintervalle betragen. Wenn der Maßstab aus der in Fig. 4 dargestellten Lage weiterbewegt wird, so erhält zunächst keine der Zellen  $Z_1$  und  $Z_2$  Licht. Sobald sich der Maßstab aber um eine Gitterperiode des auf den Maßstab zurückprojizierten Gitters  $G$  weiterbewegt hat, erhält die Zelle  $Z_2$  der Feinabtastung durch den ersten Spalt des Gitters Licht. Dies trifft nacheinander für jeden weiteren Spalt des Strichgitters ein, bis schließlich wieder die Zelle  $Z_1$  zur Zählung der ganzen Intervalle durch den Einzelspalt  $S$  Licht erhält.

Es ist auch möglich, den Abstand der optischen Achsen  $a$  und  $b$  der beiden Optiken anders zu wählen. In diesem Falle darf aber das Spaltgitter  $G$  nicht mehr symmetrisch zur optischen Achse liegen, sondern muß derart verschoben werden, daß der mittlere Spalt des Strichgitters im zurückprojizierten Bild genau  $1\frac{1}{2}$  Maßstabintervalle entfernt von dem auf den Maßstab zurückprojizierten Bild des Einzelspaltess liegt.

Allgemein gilt folgende Regel: Wird das Maßstabintervall durch  $n-1$  Spalte des Spaltgitters in  $n$  Teile geteilt, so muß der auf den Maßstab zurückprojizierte  $\frac{n}{2}$ -te Spalt des Spaltgitters in einer Entfernung von  $1\frac{1}{2}$  Maßstabintervallen von dem zurückprojizierten Bild des Einzelspaltess liegen. Die Spaltbreite der Maßstabstriche soll nicht mehr

als den  $n$ -ten Teil des Maßstabintervalls betragen. Die Breiten des Einzelspaltess und der Spalte des Spaltgitters sind im Verhältnis des Vergrößerungsverhältnisses zwischen Maßstab und Maßstabbild größer zu wählen.

Es sei bemerkt, daß an die Zelle  $Z_2$ , gegebenenfalls über einen Verstärker, ein weiteres Zählwerk angeschlossen wird.

Beim Einschalten des Bewegungsvorganges der Maschine sind beide Zellen  $Z_1$  und  $Z_2$  mit den nachgeschalteten elektrischen Einrichtungen arbeitsbereit. Meist fällt nun bei Arbeitsbeginn das Bild des Maßstabstriches nicht auf den zur Zählung der vollen Maßstabintervalle dienenden Einzelspalt  $S$  und damit auf die demselben nachgeschaltete Zelle  $Z_1$ , dagegen fällt es entweder sofort oder nach einer Bewegung von weniger als  $1/100\text{ mm}$  bzw.

$\frac{1}{n}$  Intervall auf einen Spalt des Spaltgitters  $G$ , dessen nachgeschaltete Zelle  $Z_2$  damit Licht erhält. Dadurch tritt ein an diese Zelle  $Z_2$ , gegebenenfalls über einen Verstärker angeschlossenenes Schnellzählwerk in Tätigkeit, welches zur Zählung der  $1/100\text{ mm}$  bzw. der  $\frac{1}{n}$  Intervalle dient. Schließlich fällt aber das Bild des Maßstabspaltess auf den zur Zählung der ganzen Maßstabintervalle dienenden Einzelspalt  $S$ , wodurch die diesem nachgeschaltete Zelle  $Z_1$  Licht erhält. An die Zelle  $Z_1$  wird, gegebenenfalls über einen Verstärker, ein weiteres Schnellzählwerk angeschlossen, welches die durchlaufenden ganzen Maßstabintervalle zählt.

Da die Schnellzählwerke nur bis zu einem bestimmten Zahlenwert, z. B. nur bis 100, zählen, wird das Schnellzählwerk mit einem Rollenzählwerk verbunden, welches jedesmal, wenn das Schnellzählwerk durch seinen maximalen Zahlenwert bzw. durch 0 läuft, einmal weitergeschaltet wird. Zählt z. B. das Schnellzählwerk bis 100 und ist das Maßstabintervall  $1\text{ mm}$ , so zählt das Schnellzählwerk ganze Millimeter und das Rollenzählwerk ganze  $100\text{ mm}$  bzw.  $10\text{ cm}$ . In dem Augenblick aber, in dem die zur Zählung der ganzen Maßstabintervalle bestimmte Zelle  $Z_1$  Licht erhält, wird erfindungsgemäß von dieser, z. B. durch ein Relais, die zur Zählung der Intervallbruchteile bestimmte Zelle  $Z_2$  von dem an sie angeschlossenen Schnellzählwerk getrennt und dadurch die Zählung der Intervallbruchteile ausgesetzt. Nach Erreichen des letzten vollen Millimeters muß aber das zur Zählung der Intervallbruchteile dienende Zählwerk wieder eingeschaltet werden.

Zu diesem Zweck wird beispielsweise nach Erreichen des letzten vollen Wertes auf dem Rollenzählwerk eine dritte lichtelektrische Optik eingeschaltet, welche von dem zur Zählung der ganzen Maßstabintervalle dienenden Schnellzählwerk gesteuert wird. Diese Lichtabtastung wird wahlweise einstellbar derart ausgebildet, daß die Zelle dieser Abtastoptik beim Erreichen des letzten vollen Millimeters Licht erhält und über eine nachgeschaltete elektrische Einrichtung bewirkt, daß die Zelle der Intervallbruchteilzählvorrichtung wieder mit dem

zugehörigen Schnellzählwerk verbunden wird, so daß die Zählung der Intervallbruchteile wieder einsetzt.

Diese Steuerung kann in verschiedener Weise ausgeführt werden.

Gemäß der in Fig. 5 dargestellten Ausführungsform befindet sich die Wendel  $W$  einer Glühlampe genau über der Drehachse des Zeigers  $T$  des Schnellzählwerkes. Die Wendelachse fällt in Richtung der Drehachse des Zeigers. Letzterer trägt zwei Linsen  $L_1$  und  $L_2$  sowie einen Spalt  $S_1$ . Durch die Linse  $L_1$  wird die Wendel  $W$  auf den zur Wendelachse parallel stehenden Spalt  $S_1$  abgebildet. Dieser Spalt  $S_1$  wird durch eine Linse  $L_2$  auf eine Blende  $S_2$  abgebildet, die am Umfang des Schnellzählwerkes beweglich und beliebig verschiebbar angeordnet ist. Hinter der Blende  $S_2$  befindet sich die Zelle  $Z_3$ . Wenn der Zeiger  $T$  in eine Stellung gelangt, bei der das Bild des Spaltes  $S_1$  auf den Spalt  $S_2$  zu liegen kommt, so erhält die Zelle  $Z_3$  Licht und kann das Intervallbruchteilzählwerk wieder einschalten.

Gemäß der in Fig. 6 dargestellten Ausführungsform wird die Wendel  $W$  einer Glühlampe durch eine Linse  $L_1$  auf eine Spaltblende  $S_1$  abgebildet. Letztere wird ihrerseits durch eine Linse  $L_2$  auf eine zweite Blende  $S_2$  abgebildet, die mit dem Zeiger  $T$  des Schnellzählwerkes fest verbunden ist. Durch eine nachgeschaltete Optik, die z. B. Linsen  $L_3$  und  $L_4$  enthält, wird die Öffnung der Linse  $L_2$  über einen von der Drehachse des Zeigers  $T$  getragenen, unter  $45^\circ$  zur Zeigerrichtung geneigten Spiegel  $Sp$  auf eine ortsfeste Zelle  $Z_3$  abgebildet. Die Teile  $L_4$ ,  $L_3$ ,  $L_2$ ,  $S_1$ ,  $L_1$  und die Lampe mit der Wendel  $W$  sind starr miteinander verbunden und um die Drehachse des Zeigers  $T$  wahlweise drehbar gelagert, während der Spalt  $S_2$  mit dem Zeiger  $T$  verbunden ist.

Gemäß einer weiteren, in Fig. 7 dargestellten Ausführungsform wird die Wendel  $W$  durch eine Linse  $L_1$  auf einen Spalt  $S_1$  abgebildet, und letzterer wird durch eine Linse  $L_2$  auf einen spaltförmigen Spiegel  $Sp$  abgebildet. Eine Linse  $L_3$  bildet sodann die Öffnung der Linse  $L_2$  auf eine Zelle  $Z_3$  ab. Die gesamte Optik einschließlich Lampe und Zelle bildet ein starr miteinander verbundenes Ganzes und ist drehbar um die Drehachse des Zeigers  $T$  des Schnellzählwerkes gelagert. Der fest mit dem Zeiger  $T$  verbundene Spaltspiegel  $Sp$  ist so groß wie das durch die Linse  $L_2$  von dem Spalt  $S_1$  auf dem Spiegel  $Sp$  erzeugte Bild.

Eine abgeänderte Ausführungsform der Fig. 5 kann darin bestehen, daß die gesamte Optik einschließlich Lampe und Zelle starr miteinander verbunden wird, während nur der Spalt  $S_1$  auf dem Zeiger  $T$  befestigt ist. Hierbei bleibt die Optik ortsfest, und der Zeiger wird vor dem Wiedereinschalten des Schnellzählwerkes um entsprechende Winkelwerte verdreht.

Bei Werkzeugmaschinen od. dgl. soll der bewegliche Maschinenteil bei Erreichen des letzten Maßstabintervallbruchteiles möglichst schlagartig stillgesetzt werden. Da dies aus dem Schnellgang her-

aus nicht möglich ist und außerdem Verzögerungen der elektrischen Einrichtung berücksichtigt werden müssen, soll die Maschine zu einem geeigneten Zeitpunkt auf Langsamgang umgeschaltet werden. Dies kann z. B. von der die Zählwerke beobachtenden Bedienungsperson der Maschine von Hand aus vorgenommen werden. In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann aber auch das Einschalten des Langsamganges in derselben Weise wie das Wiedereinschalten des Intervallbruchteilzählwerkes selbsttätig bewirkt werden. Zu diesem Zweck kann in die zum Wiedereinschalten des Intervallbruchteilzählwerkes vorgesehene lichtelektrische Optik gemäß Fig. 5 bis 7 eine weitere Blende eingeschaltet werden, die von dem Zeiger bereits vor dem endgültigen Maßsolllwert erreicht wird. Sobald durch diese Blende Licht hindurchtritt, wird der Langsamgang durch geeignete elektrische Mittel eingeschaltet. Selbstverständlich könnte auch eine vierte lichtelektrische Abtastoptik verwendet werden, die von dem Rollenzählwerk gesteuert wird.

Mit Hilfe einer Anordnung der vorstehend beschriebenen Art kann in einfacher Weise erreicht werden, daß z. B. eine Werkzeugmaschine genau vorbestimmte Wege zurücklegt und hierbei selbsttätig gesteuert wird. Wenn z. B. immer ein und derselbe Arbeitsweg zurückgelegt werden soll, so kann gemäß einer vereinfachten Anordnung entweder an Stelle des normalen Maßstabes oder zusätzlich zu diesem mit der Maschine ein Spezialmaßstab verbunden werden, der beispielsweise nur zwei Marken zu tragen braucht, nämlich eine für den Arbeitsbeginn und eine zweite für das Arbeitsende. Zu dem gleichen Zweck könnte man auch auf dem normalen Maßstab alle Maßstabspalten bis auf die beiden gewünschten abdecken. Wenn nur mit zwei Spalten gearbeitet wird, so müssen die Abtastoptiken derart verschoben werden, daß der Strahlengang des Intervallbruchteilzählwerkes bereits bei Arbeitsbeginn Licht erhält. Man kann aber auch vor Arbeitsbeginn bei ruhender Optik den Spezialmaßstab mit den beiden Spalten bzw. den entsprechend abgedeckten Normalmaßstab so lange verschieben, bis das Intervallbruchteilzählwerk anzusprechen beginnt. Dieses Zählwerk wird dann durch Verschieben der Optik oder des Zweispaltmaßstabes  $n$ -mal zum Ansprechen gebracht, worauf die Maschine eingeschaltet wird. Die Maschine wird stillgesetzt, wenn das Intervallbruchteilzählwerk durch den zweiten Spalt ebenfalls  $n$ -mal zum Ansprechen gebracht worden ist.

An Stelle normaler Zählwerke können auch andere Einrichtungen zum Zählen benutzt werden. Beispielsweise kann eine Art Kreisteilung vorgesehen werden, deren einzelne Teilstriche Zahlen von 0 bis zu fast beliebiger Höhe tragen, und die diese Kreisteilung tragende Scheibe kann durch die lichtelektrischen Stromstöße jeweils um einen Teilstrich weitergedreht werden. Projiziert man einen kleinen, zur Ablesung vollkommen ausreichenden Bereich dieser Kreisteilung auf einen Schirm oder eine Mattscheibe, so kann die Teilung mit den zugehörigen Zahlen sehr klein gestaltet werden.

Man kommt infolgedessen mit entsprechend kleinen Durchmessern der Kreisteilung aus. Selbstverständlich kann die Zählung auch bei Anwendung solcher Kreisteilungen in verschiedenen Stufen durchgeführt werden, wobei z. B. die Zentimeter, Millimeter usw. einzeln für sich gezählt werden. An die Stelle der oben beschriebenen Zählwerke treten in diesem Falle lediglich die genannten Kreisteilzählwerke mit Projektion.

Eine Anordnung gemäß der Erfindung gestattet nicht nur die Messung des Weges einer Maschine bzw. eines Maschinenteiles, sondern auch die Steuerung einer Maschine nach einem bestimmten Programm. Zu diesem Zweck kann man z. B. einen Steuermaßstab mit der Maschine verbinden, der in bestimmten Abständen Spalte trägt. Gestaltet man dann die den Zellen nachgeschaltete elektrische Einrichtung derart, daß diese die Maschine beim ersten Stromstoß einschaltet, beim zweiten ausschaltet, beim dritten wieder einschaltet usw., so kann die Vorwärtsbewegung der Maschine programmäßig gesteuert werden. Mit Hilfe entsprechender Anordnungen kann man aber auch beispielsweise an bestimmten Stellen und über bestimmte Strecken Bearbeitungswerkzeuge der Maschine einschalten und stillsetzen.

An Stelle der Spalte können auch andere Figuren zur Steuerung mit dem Maßstab der Maschine mitbewegt werden. Beispielsweise kann man gemäß Fig. 8 längere oder kürzere lichtdurchlässige, reflektierende oder nicht reflektierende Bereiche mit mehr oder weniger langen lichtundurchlässigen, nicht reflektierenden bzw. reflektierenden Bereichen abwechseln lassen. Die lichtelektrische Abtastung kann hierbei ebenso wie bei den oben beschriebenen Anordnungen gemäß der Erfindung sowohl in Hellschaltung als auch in Dunkelschaltung erfolgen.

Bei Anwendung einer solchen Steuerleiste können die einzelnen Maßstabstriche oder die einzelnen lichtdurchlässigen oder sonstigen Bereiche der Steuerleiste eine verschiedene spektrale Durchlässigkeit erhalten, wobei gleichzeitig die lichtelektrischen Zellen mit entsprechenden oder auch komplementären durchlässigen Filtern versehen werden. Auf diese Weise können beispielsweise mehrere an einer Werkzeugmaschine angebrachte Bearbeitungsvorrichtungen getrennt voneinander nach bestimmten Programmen gesteuert werden. An Stelle der Lichtfilter können auch Polarisationsfilter verwendet werden, welche das durch die lichtdurchlässigen Bereiche tretende Licht verschiedenartig in einer Schwingungsebene drehen, wobei die Zellen mit Folien od. dgl. versehen werden, die zu diesen Schwingungsebenen parallel oder senkrecht stehen oder mit denselben beliebig gekreuzt sind.

Neben der bzw. in Kombination mit der lichtelektrischen Messung und Steuerung gemäß der Erfindung kann gegebenenfalls gleichzeitig eine bekannte magnetische Meß- und Steuermethode angewendet werden. Durch eine solche Kombination können gegebenenfalls besonders vorteilhafte Wirkungen erzielt werden.

Zur Erhöhung der Genauigkeit kann die lichtelektrische Abtastung gemäß einer weiteren Ausbildung der Erfindung gleichzeitig mit mehreren Optiken an verschiedenen Stellen des Maßstabes durchgeführt und dadurch ein elektrischer Mittelwert gebildet werden.

Die erfindungsgemäß verwendeten Maßstäbe und Steuerschablonen können auf beliebigem Wege, beispielsweise photographisch hergestellt werden. Vorzugsweise werden mit Rücksicht auf die erforderliche Genauigkeit Maßstäbe und Steuerschablonen verwendet, die nach dem »Bleisulfidverfahren« oder nach dem kombinierten Bichromatlack-Aufdampfverfahren hergestellt sind.

Die im Patentanspruch 1 gekennzeichnete Erfindung besteht aus einer Reihe von Merkmalen, die alle an sich bekannt sind. Neu ist lediglich die Kombination dieser Merkmale. Ein Teilschutz auf Einzelheiten der Kombination nach diesem Anspruch kommt nicht in Betracht. Das Fortlassen auch nur eines der die Erfindung bildenden Merkmale würde daher aus dem Rahmen der Erfindung herausfallen.

Der Inhalt der Unteransprüche 2 bis 12 soll nur in Verbindung mit der Kombination nach dem Hauptanspruch geschützt sein.

#### PATENTANSPRÜCHE:

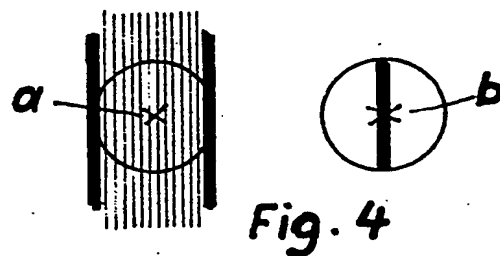
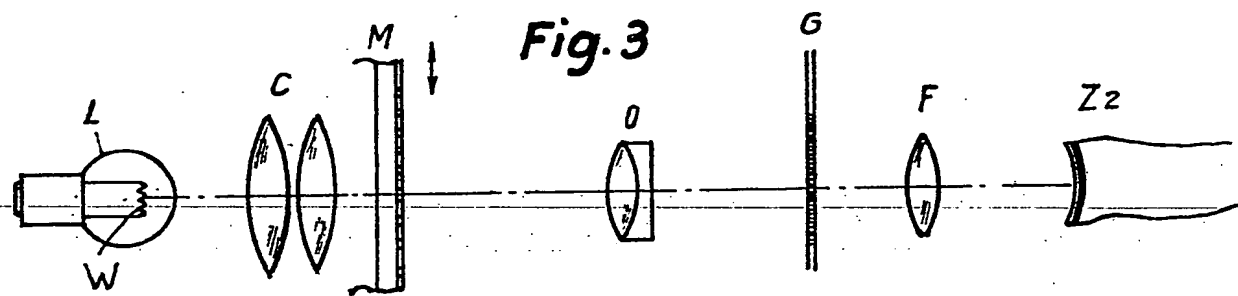
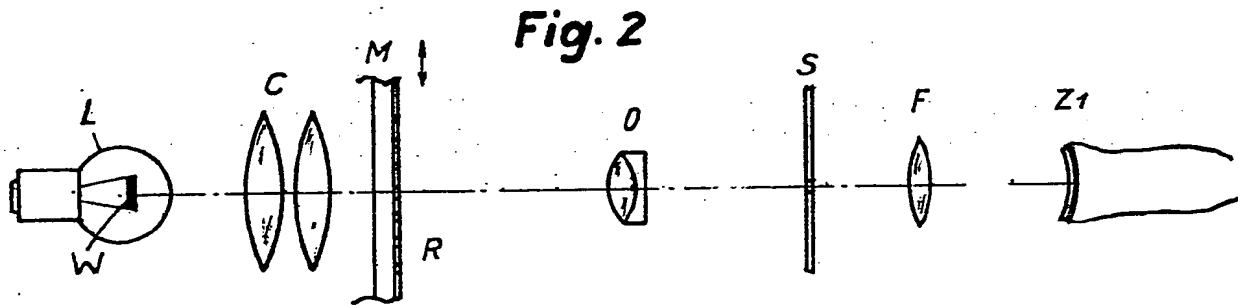
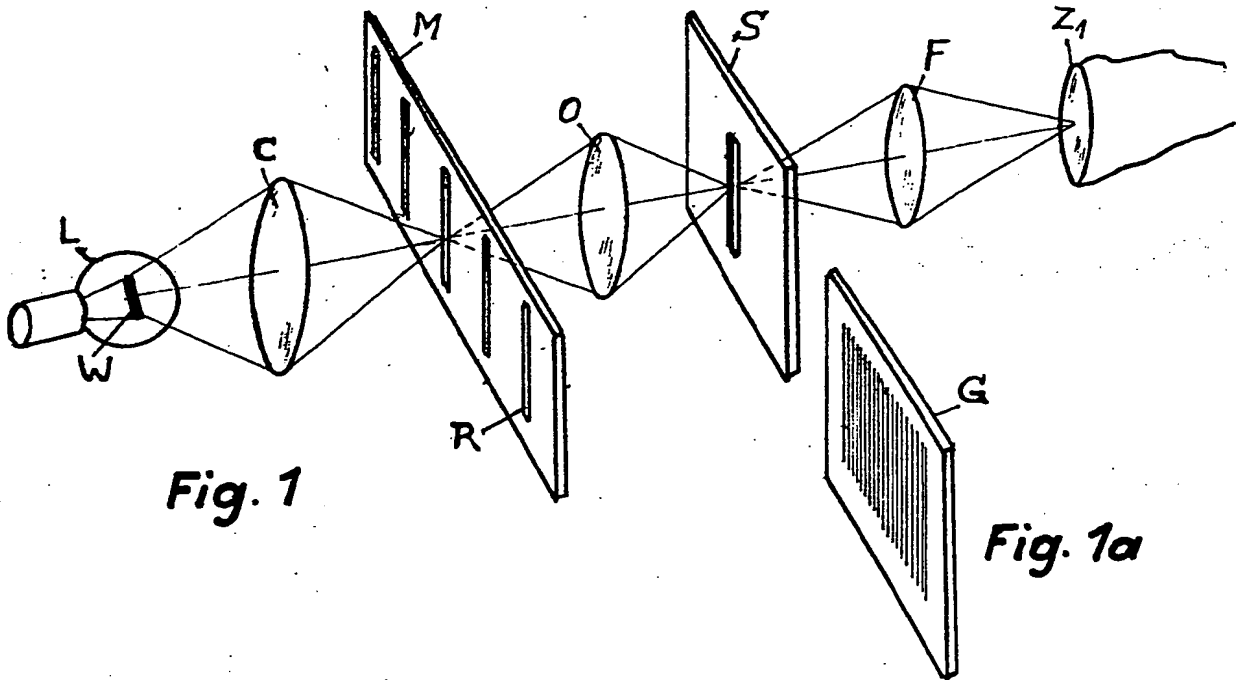
1. Anordnung zum Steuern der Bewegung von Maschinenteilen, insbesondere von Werkzeugmaschinen oder sonstigen Arbeitsmaschinen, mit Hilfe eines den zurückgelegten Weg des bewegten Maschinenteiles anzeigenden, durch lichtelektrische Mittel abgetasteten Maßstabes, dessen Teilungsintervalle größer als die zur Erzielung der gewünschten Steuergenauigkeit erforderlichen Intervalle sind, dadurch gekennzeichnet, daß in den Weg mindestens eines Strahlenganges der lichtelektrischen Abtasteinrichtung hinter dem abzutastenden Maßstab in an sich bekannter Weise zusätzlich noch ein gegenüber dem Strahlengang ruhendes Spaltgitter eingeschaltet ist, welches bei der Relativbewegung zwischen den Maßstabteilstrichen und der Abtastoptik im Abtaststrahlengang Lichtimpulse in einer der Spaltzahl des Gitters entsprechenden Anzahl erzeugt, die ihrerseits in an sich bekannter Weise mit Hilfe einer nachgeschalteten Photozelle gezählt werden.

2. Anordnung nach Anspruch 1 mit einer mindestens zwei Strahlengänge enthaltenden Abtasteinrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß ein Strahlengang zur Zählung der Grundintervalle des Maßstabes mit nur einem Spalt versehen ist, während der oder die übrigen Strahlengänge Spaltgitter enthalten, die sich hinsichtlich der Spaltzahl entsprechend den gewünschten Feinheitsstufen unterscheiden.

3. Anordnung nach Anspruch 1 bzw. 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ein- und Ausschaltung der Abtast- bzw. Zählstufen selbsttätig, vorzugsweise lichtelektrisch bewirkt wird.

4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß nach erstmaligem Ansprechen der Oberstufe die Zählung der Unterstufe ausgesetzt und nach Erreichung eines vollen Wertes der Oberstufe wieder eingeschaltet wird. 5
5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Wiedereinschaltung des Zählwerkes der Unterstufe durch lichtelektrische Abtastung des Zählwerkes der Oberstufe erfolgt. 10
6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Achsen der lichtelektrischen Abtastoptiken von Oberstufe und Unterstufe um  $1\frac{1}{2}$  oder  $2\frac{1}{2}$  oder  $3\frac{1}{2}$  usw. Maßstabintervalle voneinander entfernt sind. 15
7. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6 mit Mitteln zur Einschaltung des Langsamganges der Maschine durch lichtelektrische Abtastung, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastmittel das Zählwerk der Oberstufe oder ein sonstiges Zählwerk abtasten. 20
8. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Maßstab mit zwei Marken verwendet wird, von denen die eine für den Beginn des Arbeitsvorganges und die andere für das Ende des Arbeitsvorganges abgetastet wird. 25
9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Maßstabspalte eines normalen Maßstabes in einem der Länge des gewünschten Maschinenweges entsprechenden Bereich bis auf einen ersten, zum Einschalten und einen letzten, zum Abschalten der Maschine dienenden Spalt abgedeckt sind. 30
10. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, gegebenenfalls unter Verwendung einer Steuerleiste mit besonderen Steuerfiguren, dadurch gekennzeichnet, daß die Maßstäbe bzw. Steuerfiguren der Steuerleisten und die zugehörigen Zellen mit Lichtfiltern von gleicher bzw. komplementärer Durchlässigkeit versehen sind. 40
11. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, gegebenenfalls unter Verwendung einer Steuerleiste mit besonderen Steuerfiguren, dadurch gekennzeichnet, daß die Maßstäbe bzw. Steuerfiguren der Steuerleisten und die zugehörigen Zellen mit Polarisationsfolien od. dgl. versehen sind, die parallel oder senkrecht zueinander oder gekreuzt sind. 45
12. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, gegebenenfalls unter Verwendung einer Steuerleiste mit besonderen Steuerfiguren, dadurch gekennzeichnet, daß der Maßstab bzw. die Steuerfiguren an mehreren einander entsprechenden Stellen lichtelektrisch abgetastet und aus den Abtastwerten Mittelwerte gebildet werden. 50
- 55
- 60
- In Betracht gezogene Druckschriften:
- Deutsche Patentschriften Nr. 942 720, 896 165, 890 420, 884 245, 876 162, 876 161, 875 572, 844 076, 843 902, 729 673, 721 909, 709 116, 698 075, 675 842, 646 509, 620 160, 619 153, 619 152, 595 871, 592 625; 65
- Schweizerische Patentschriften Nr. 216 457, 237 023; 70
- britische Patentschrift Nr. 558 848; USA.-Patentschrift Nr. 2 416 968.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen



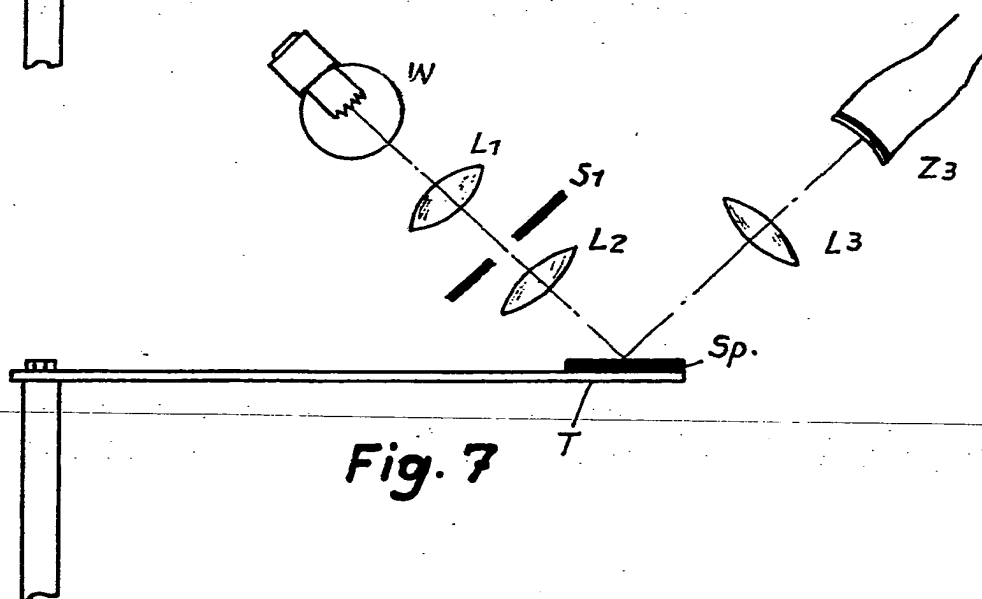
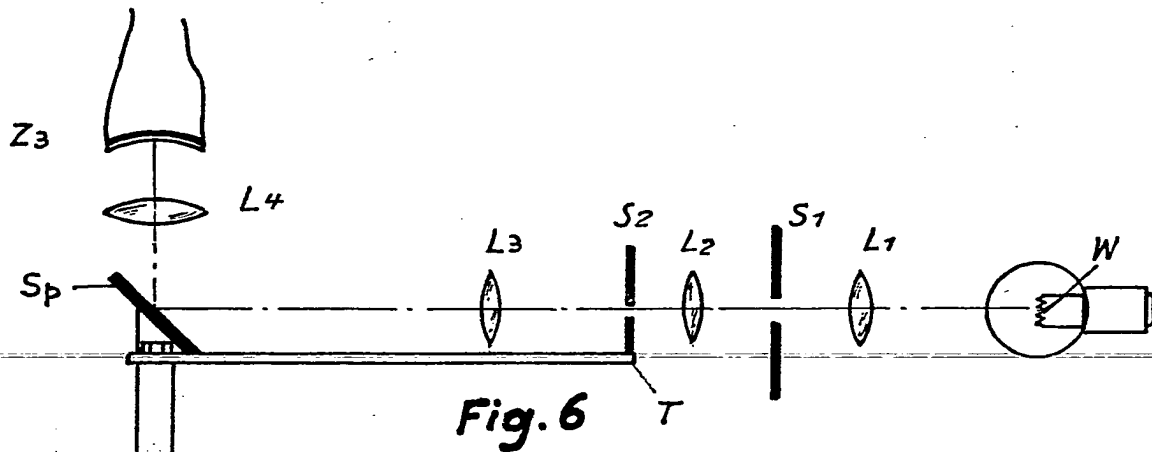
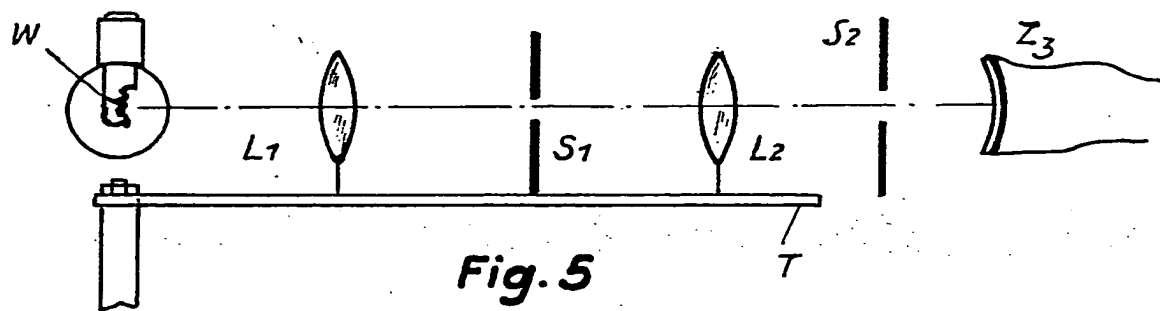


Fig. 8

